

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報(A)

平2-176612

⑮ Int.Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑰ 公開 平成2年(1990)7月9

G 02 B 13/18

8106-2H

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 16)

⑱ 発明の名称 内視鏡用対物レンズ

⑲ 特 願 昭63-329191

⑳ 出 願 昭63(1988)12月28日

㉑ 発 明 者 五十嵐 勉 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

㉒ 出 願 人 オリンパス光学工業株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

㉓ 代 理 人 弁理士 向 寛 二

明 細 書

1. 発明の名称

内視鏡用対物レンズ

2. 特許請求の範囲

(1) 物体側が順に第1群と第2群とからなり、前記第1群の最も像側の面と前記第2群の最も物体側の面とが共に正のパワーを持ち、又以下の条件を満足することを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

$$(1) \quad 0.21 < L/f < 0.5$$

$$(2) \quad 0.8 < f_2/f_1 < 3$$

ただし、Lは全系の前側焦点位置から後りまでの空気換算長、fは全系の焦点距離、 f_1 は第1群の焦点距離、 f_2 は第2群の焦点距離である。

(2) 絞りを入れて物体側に平行平面波を、像側

面であることを特徴とする内視鏡用対物レンズ。
(3) 物体側から順に第1群と第2群からなり、前記第1群の最も像側の面と前記第2群の最も物体側の面がいずれも正のパワーを有し光軸上を流れるにつれて曲率が徐々に弱くなる部分を含む非球面であることを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、気管支鏡等の外径の細い内視鏡に用いられる対物レンズに関するものである。

〔従来の技術〕

気管支鏡等の内視鏡は、径を細くする必要があるため対物光学系も、径を小にしなければならず、イメージガイドや固体撮像素子の

特開平 2-176612(2)

な構成のものが用いられることが多い。

この従来の内視鏡用対物レンズは、間に絞りをはさんで接合したカバーガラスと平凸レンズからなる第1群と、物体側に凸面を向けて配設された平凸レンズの第2群とより構成されている。そしてこの小さな径のレンズでも加工性のよい平凸レンズの第2群をイメージガイドや固体撮像素子に接合すれば、イメージガイドや固体撮像素子とレンズの間にスペーサーをはさまずにすむため、レンズ外径と光線径との余裕がとりやすいという利点がある。このレンズ構成の第2群は、フィールドレンズの役目を果たしており、射出瞳を十分遠方にもっていくことにより像面上における主光線の傾きを排えている。これによってファイバースコープでは、イメージガイドの周辺部において光束が斜めに入射して光線の損失が増大するのを防いでいる。

近年、気管支鏡等の内視鏡に対しても広角化の要望が強まっており、細径の内視鏡が適用される分野でも視野角が 60° を超えるものが主流になり

3

平面つまり第21図に示す絞りの位置と一致する。そして図面に示すように射出角最大の光線の射出角が、通常使用時の視野角 120° を想定して光軸に対し 60° になるように第5面での光線高を設定してある。

第21図の光線図から明らかなように、像高が小さく視野角が狭い時は、最大像高における瞳の球面収差の量はそれ程問題にはならない。しかし像高を大にして視野角を広くすると瞳の球面収差が急激に増加するため絞り位置から像高の大きな光束の収束位置が大きくずれる。

第21図においては、全像高にわたって射出瞳が無収差にあることを想定しているが、実際には絞りが配置されるため、第22図には前述のレンズデータのレンズ系において絞りの中心を物点

つつある。そのため従来のようなそれ程視野広くない対物レンズでは問題にならなかった関する収差が問題になる。

第21図は、物開値 $61-28965$ 号公レンズ系においてカバーガラスを除いたもの射出瞳が無収差にあると想定して、像面側から平行に光束を入射させた時の光線図である。

このレンズ系のデータは次の通りである

$$r_2 = \infty$$

$$d_2 = 1.7157 \quad n_2 = 1.5183 \quad v_2 = 40$$

$$r_3 = -1.7157$$

$$d_3 = 0.1667$$

$$r_4 = 1.6621$$

$$d_4 = 1.8318 \quad n_4 = 1.5183 \quad v_4 = 40$$

$$r_5 = \infty$$

$$f = 1$$

上記のデータは、前記公報に記載されて条件を満足するもののうちで最も好ましい値定されているものである。

このレンズ系では、前側焦点位置は、第2

4

ので、主光線の射出角が像高と共に急激にし、イメージガイド周辺部での伝送損失が増る。又硬径鏡のようにリレー系を用いている鏡においては、瞳外端点に関する瞳が接眼側うまくリレーされず、瞳外物点からの光束が一系の途中でけられてしまうために、同様に周辺部で光量の損失が増大する。

又単板カラー固体撮像素子を用いたスコーにおいては、上記の影響によって色シニエディが発生する。即ち単板カラー固体撮像素子は通常の表面にカラーフィルターが配置されているが、このカラーフィルターと光電変換部は、に密着しているのではなく、ある程度の間隔している。そのため、本来ならフィルターをした光のみを光電変換部に到達させねばなら

特開平 2-176612

セントリック光学系が要求される。

又本発明の対物レンズに類似する構成のものの特開昭61-182021号公報に記載されたもののうちの実施例7のレンズ系がある。このレンズ系は、非球面を用いて歪曲収差を補正する場合に、非球面を用いたことによって生ずる像面の曲がりも同時に補正するようにしたものである。そのため歪曲収差を補正する作用が絞りの前後で反転するようにつまり絞りの前の非球面は、レンズの周辺で凸の作用を強める（凹の作用を弱める）もので、一方絞りより後の非球面は、レンズ周辺で凸の作用を弱める（凹の作用を強める）ものである。したがって絞りの前後にそれぞれ少なくとも1個非球面を設けるもので絞りを境にして前群、後群に分割された構成になっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

以上のように絞りを近軸の前側焦点位置近傍に配設する構成の対物レンズは、広角化した場合全像高にわたって出射主光線の傾きを小さくするのは困難であり、イメージガイドおよび固体撮像素

7

第2群IIの物体側の面が同様に正のパワーの球面である。尚この第1図の例では、第1群Iが平凸レンズでその平面側に絞りSを設け更にカバーガラスCを配設してある。又第2群IIは平凸レンズである。そして前記の条件(1)、(2)を満足するものである。

条件(1)は、瞳の球面収差を考慮して最大像高における出射主光線の傾角を小さくするための条件である。第1図に示すレンズ系のようにパワーをもつ面が二つしかなく、その両方共に球面である場合は、パワー配分を変えることによりある程度瞳の球面収差の発生量をコントロールすることが出来る。しかし、広角にした場合、瞳の球面収差の絶対量を減少させることは困難である。そのため主光線の射出角を全像高にわたってある程度

子を用いた内視鏡のいずれも上記のような形を呈する。

本発明は、以上の問題点を除去するためで、視野角を広角化しても像の全面にわたって光線の傾きを十分小さく出来る内視鏡用対物レンズを提供することを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の内視鏡用対物レンズは、物体側に第1群と第2群とよりなり、前記第1群の像側の面と、前記第2群の最も物体側の面が正のパワーを持つ球面であり、次の条件(1)を満足するレンズ系である。

$$(1) \quad 0.21 < L/f < 0.5$$

$$(2) \quad 0.9 < f_2/f_1 < 3$$

ただし、Lは全系の前側焦点位置から絞りの空気像位置、fは全系の焦点距離、 f_1 は第1群の焦点距離、 f_2 は第2群の焦点距離である。

上記の通り本発明の対物レンズは、例えば図に示すような第1群Iと第2群IIとよりなり第1群Iの像側の面が正のパワーの球面であ

8

が90°以上であっても出射主光線の傾角が小さくなる。

この条件(1)で下限の0.21以下であると最大像高になるにつれて、出射主光線が光軸側に又上限の0.5より大になると出射主光線がうしろ側に傾く方向に傾くため共にイメージガイド系での光量の損失が増大し、又単板カメラ撮像装置を用いた内視鏡では色シフトが発生するので好ましくない。

条件(2)は、最大像高における主光線の傾角を小さくした瞳の中間像高における主光線の傾きを減少させ、かつ瞳の収差と像の収差のノズを適正にするための条件である。

条件(1)を満足するようにして最大像高における出射主光線の傾きをなくしても、瞳の球面

特開平 2-176612(

このため、最大像高とともに中間像高でも主光線の傾きを小さくするためには、瞳の球面収差の絶対量を減少させねばならない。またこの収差の発生は主光線が適度に屈折することによるものであるから、本発明の対物レンズのように単純な構成のレンズ系では同時に樽型歪曲収差の増大につながる。

条件(2)は、以上の点を考慮して設けたもので、第2群のパワーを第1群のパワーよりもあまり強くしないようにして瞳の収差の発生を抑制するようにした。つまりこの条件(2)を満足するようにすれば瞳の収差の発生が少なく、像の球面収差の発生もそれ程大きくならず、像に関しても瞳に関しても全体的に性能のバランスのとれた対物レンズになし得る。

条件(2)の下限の0.9以下になると第2群のパワーが強くなりすぎて瞳の収差が悪化し、第23図に示す曲線の曲がりが増大して全ての像高にわたって出射主光線の傾角を小さくすることが困難になり又歪曲収差も増大する。また条件(2)の上

！ 1

一般に非球面は次の式にて表わすことが出来る。

$$x = Cy^2 / (1 + \sqrt{1 - PC^2y^2}) + By^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + \dots \quad (4)$$

ここで x 、 y は光軸を x 軸にとって像の方向を正方向にとり、 y 軸を面と光軸との交点を原点として x 軸に直交した方向にとった座標の値、 C は光軸近傍でこの非球面と接する円の曲率半径の逆数、 P は非球面の形状を表わすパラメーター、 B 、 E 、 F 、 G … は夫々2次、4次、6次、8次…の非球面係数である。

$P = 1$ で B 、 E 、 F 、 G … がすべて0の場合は上記式は球面を表す。

本発明の対物レンズは、前記従来例の特開昭61-162021号公報のものとは異なり、総りより後方のレンズ系における瞳の収差を補正す

限の3を越えると第1群のパワーが強くなり、像の球面収差が増加し結像性能が劣化する。本発明の対物レンズにおいて、収差を一層に補正するためには平凸レンズに高屈折率のを用いればよいが更に次の条件(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad d_1/r_1 < 0.1$$

ここで d_1 は第1群の平凸レンズの曲面と第2群の平凸レンズの曲面との間の間隔である。

この条件(3)を満足すれば、ベッツバールそれ程大にならず又各面のパワーも小さくて、像に関しても瞳に関しても収差の発生を瞳に抑えることが出来る。またレンズの厚さを小さくとれるためにレンズ加工上も有利である。

前述のような構成の本発明の対物レンズにて更に非球面を導入すれば瞳の球面収差をコントロールする自由度が大幅に増大するので、空の傾きを全像高にわたって小さくし、しかも系に比べて一層容易に瞳の球面収差を除去する。

1 2

は、前述のように空気間隔を挟んで前後を夫々第1群、第2群として扱うことが妥当である。て前述のように瞳の収差をコントロールする底を増大させるために設ける非球面は、第1群第2群の正のパワーの屈折面に導入することが望ましい。

そのため本発明では、絞りを含んで物体側行平面板を又像側に正のパワーの屈折面を有するレンズを配置した第1群と更に物体側に正の一の屈折面を有する第2群とにて構成し、第の物体側に非球面を有することが望ましい。てそれは光軸から離れるにつれて曲率が徐々になる部分を含んでいる非球面である。

更に前記のような第1群と第2群とからなる構成であって、第1群の最も像側の面と第

特開平 2-176612(

両群に非球面を用いて瞳の球面収差を一層少なく
なし得るものである。しかし L/f および f_2/f_1 を
次の条件 (1'), (2') の範囲内の値にすれば一層好
ましい。

$$(1') \quad -0.5 < L/f < 0.3$$

$$(2') \quad 0.5 < f_2/f_1 < 3$$

条件 (1') は瞳の球面収差の発生を制限するため
のものである。第 2 群に非球面を導入した場合、
瞳の球面収差を自由にコントロールすることが可
能になる。又瞳の球面収差を補正過剰にして歪曲
収差をより一層少なくすることも可能である。こ
の時、屈折像高における主光線の傾きを少なくす
るためには、 $L/f < 0$ にしなければならない。こ
の L/f の絶対値があまり大になると大像高にお
いて主光線の傾きがなくても、中間像高における
主光線の傾きが大きくなり好ましくない。したが
って上記の値は条件 (1') の下限の -0.5 より大で
あることが望ましい。しかし上限の 0.3 を越える
と非球面を導入した効果がなくなるため好ましく
ない。

15

第 1 群の平凸レンズの両面である。

この条件の上限又は下限を越えるといずれも第
1 群で非点収差、コマ収差等の非対称性の収差の
発生が大になり全系でもこれら収差を補正しきれ
ないので好ましくない。

尚上記条件 (4) の代りに $d_2/|r_{s1}|$ が次の範囲を
満足すれば一層好ましい。

$$0.8 < d_2/|r_{s1}| < 1.15$$

又第 1 群、第 2 群の両方共非球面を用いた対物
レンズの場合、次の条件 (5) を満足することが望
ましい。

$$(5) \quad 0.6 < d_2/|r_{s1}| < 2$$

尚 r_{s1} は、第 1 群の凸面の光軸上での曲率半径
を示し、非球面の式において 2 次の係数 B のみあ
るいは B と C との組合わせで表わされる場合もそ

条件 (2') は対物レンズの総合的な性能のノ
スをとるためのものである。

球面系の場合、瞳の収差の関係から第 2 群
パワーをあまり小さくすることが出来ないが
 f_2/f_1 を小さくすることが出来なかった。し
第 2 群に非球面を用いれば第 2 群のパワーを
することが可能である。そのため f_2/f_1 の
小さくすることが可能になる。しかしあまり小
しすぎて 0.5 以下になると、瞳の球面収差を
した時に結像に関する軸外の収差が補正し
くなるため好ましくない。

また条件 (2') の上限の 3 を越えると第 1 群
パワーが強くなりすぎて、像の球面収差が増加
像性能が劣化する。

又前述のように第 1 群が正のパワーの球面
し、第 2 群のみが正のパワーの非球面を有す
物レンズの場合は、次の条件 (4) を満足す
が望ましい。

$$(4) \quad 0.6 < d_2/|r_{s1}| < 1.7$$

ただし r_{s1} は第 1 群の像側の面の曲率半径。

16

が大きくなりすぎ全系でもこれを補正出来
ない。 $1.2 < d_2/|r_{s1}| < 1.5$ であれば更に

尚以上説明した第 1 群は絞りが平凸レン
面上に配設されても第 2 4 図のようにそれ
体側へ傾けて配置されてもよい。又第 1 群
側の面は平面でなくともよく、前記条件を
る構成であれば、本発明の目的を達成し得

【実施例】

以上説明した本発明内視鏡用対物レンズ
施例を示す。

実施例 1

$$f = 1.000, F/2.031, 2\omega = 100^\circ$$

$$IH = 0.7311, \text{ 物体距離} = -26.0000$$

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 0.6000, n_1 = 1.88300, \nu_1 =$$

特開平 2-176612(C)

$$d_1 = 1.7885 \quad n_1 = 1.88300 \quad \nu_1 = 40.78$$

$$r_5 = \infty$$

$$|L/f| = 0.311, \quad f_2/f_1 = |r_4/r_3| = 0.92$$

実施例 2

$$f = 1.000, \quad F/2.040, \quad 2\omega = 120^\circ$$

$$IH = 0.8225, \quad \text{物体距離} = -20.0000$$

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 0.6000 \quad n_1 = 1.88300 \quad \nu_1 = 40.78$$

$$r_2 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_2 = 0.9196 \quad n_2 = 1.88300 \quad \nu_2 = 40.78$$

$$r_3 = -1.6722$$

$$d_3 = 0.2000$$

$$r_4 = 1.6722$$

$$d_4 = 1.7781 \quad n_4 = 1.88300 \quad \nu_4 = 40.78$$

$$r_5 = \infty$$

$$|L/f| = 0.406, \quad f_2/f_1 = |r_4/r_3| = 1$$

実施例 3

$$f = 1.000, \quad F/2.023, \quad 2\omega = 120^\circ$$

$$IH = 0.9063, \quad \text{物体距離} = -20.0000$$

$$r_1 = \infty$$

1 9

$$r_5 = \infty$$

$$|L/f| = 0.231, \quad f_2/f_1 = |r_4/r_3| = 1.7$$

実施例 5

$$f = 1.000, \quad F/2.000, \quad 2\omega = 120^\circ$$

$$IH = 1.1378, \quad \text{物体距離} = -20.0000$$

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 0.7544 \quad n_1 = 1.88300 \quad \nu_1 = 40.78$$

$$r_2 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_2 = 1.2552 \quad n_2 = 1.88300 \quad \nu_2 = 40.78$$

$$r_3 = -1.2552$$

$$d_3 = 0.6277$$

$$r_4 = 1.6626 \text{ (非球面)}$$

$$d_4 = 1.1437 \quad n_4 = 1.88300 \quad \nu_4 = 40.78$$

$$r_5 = \infty$$

非球面係数

$$d_1 = 0.6012 \quad n_1 = 1.88300 \quad \nu_1 = 40$$

$$r_2 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_2 = 1.3082 \quad n_2 = 1.88300 \quad \nu_2 = 40$$

$$r_3 = -1.3973$$

$$d_3 = 0.2004$$

$$r_4 = 2.0967$$

$$d_4 = 1.7392 \quad n_4 = 1.88300 \quad \nu_4 = 40$$

$$r_5 = \infty$$

$$|L/f| = 0.221, \quad f_2/f_1 = |r_4/r_3| = 1.5$$

実施例 4

$$f = 1.000, \quad F/2.028, \quad 2\omega = 140^\circ$$

$$IH = 1.0104, \quad \text{物体距離} = -20.0000$$

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 0.6006 \quad n_1 = 1.88300 \quad \nu_1 = 40$$

$$r_2 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_2 = 1.3012 \quad n_2 = 1.88300 \quad \nu_2 = 40$$

$$r_3 = -1.3342$$

$$d_3 = 0.2004$$

$$r_4 = 2.2681$$

$$d_4 = 1.7277 \quad n_4 = 1.88300 \quad \nu_4 = 40$$

2 0

$$IH = 1.2913, \quad \text{物体距離} = -20.0000$$

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 0.8675 \quad n_1 = 1.88300 \quad \nu_1 = 40$$

$$r_2 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_2 = 1.3523 \quad n_2 = 1.88300 \quad \nu_2 = 40$$

$$r_3 = -1.3523$$

$$d_3 = 0.5315$$

$$r_4 = 0.9727 \text{ (非球面)}$$

$$d_4 = 1.0650 \quad n_4 = 1.88300 \quad \nu_4 = 64$$

$$r_5 = \infty$$

非球面係数

$$P = -1.2993$$

$$L/f = 0, \quad f_2/f_1 = 1.393, \quad -(d_2/r_2) = 1$$

$$(d_2 + d_3)/f_2 = 1$$

実施例 7

特開平 2-176612

$$\begin{aligned}
 d_2 &= 1.1799 & n_2 &= 1.88300 & \nu_2 &= 40.78 \\
 r_1 &= -1.2525 \\
 d_3 &= 0.6348 \\
 r_4 &= 1.6541 \text{ (非球面)} \\
 d_4 &= 1.1530 & n_4 &= 1.88300 & \nu_4 &= 40.78 \\
 r_5 &= \infty
 \end{aligned}$$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1.0000, & E_1 &= -0.16340 \\
 F_1 &= 0.10310, & G_1 &= -0.38057 \times 10^{-1} \\
 L/f &= 0.035, & f_2/f_1 &= 1.321 \\
 -(d_2/r_1) &= 0.942, & (d_2+d_3)/f_2 &= 0.909
 \end{aligned}$$

実施例 8

$$\begin{aligned}
 \tau &= 1.000, & F/2.006, & & 2\omega &= 120^\circ \\
 IH &= 1.1424, & \text{物体距離} &= -20.0000 \\
 r_1 &= \infty \\
 d_1 &= 0.7675 & n_1 &= 1.88300 & \nu_1 &= 40.78 \\
 r_2 &= \infty \text{ (絞り)} \\
 d_2 &= 1.4845 & n_2 &= 1.88300 & \nu_2 &= 40.78 \\
 r_3 &= -1.1544 \text{ (非球面)} \\
 d_3 &= 0.7019
 \end{aligned}$$

2 3

$$\begin{aligned}
 r_4 &= 1.8208 \text{ (非球面)} \\
 d_4 &= 0.9692 & n_4 &= 1.88300 & \nu_4 &= 40.78 \\
 r_5 &= \infty
 \end{aligned}$$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1.0000, & E_2 &= -0.12612 \times 10^{-1} \\
 F_2 &= 0.38562 \times 10^{-1}, & G_2 &= 0.63516 \times 10^{-1} \\
 \text{非球面係数} \\
 P_4 &= 1.0000, & E_4 &= -0.90575 \times 10^{-1} \\
 F_4 &= 0.11785 \times 10^{-2}, & G_4 &= 0.42079 \times 10^{-2} \\
 L/f &= -0.084, & f_2/f_1 &= 1.723 \\
 -(d_2/r_1) &= 1.298, & (d_2+d_3)/f_2 &= 0.976
 \end{aligned}$$

実施例 10

$$\begin{aligned}
 \tau &= 1.000, & F/1.883, & & 2\omega &= 140^\circ \\
 IH &= 1.3506, & \text{物体距離} &= -20.0000 \\
 r_1 &= \infty
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_4 &= 1.7406 \text{ (非球面)} \\
 d_4 &= 0.9638 & n_4 &= 1.88300 & \nu_4 &= 40.78 \\
 r_5 &= \infty
 \end{aligned}$$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1.0000, & E_2 &= -0.15195 \times 10^{-1} \\
 F_2 &= 0.31605 \times 10^{-1}, & G_2 &= 0.50240 \\
 \text{非球面係数} \\
 P_4 &= 1.0000, & E_4 &= -0.63204 \times 10^{-1} \\
 F_4 &= 0.25671 \times 10^{-2}, & G_4 &= -0.65556 \\
 L/f &= -0.144, & f_2/f_1 &= 1.508 \\
 -(d_2/r_1) &= 1.286, & (d_2+d_3)/f_2 &= 1.109
 \end{aligned}$$

実施例 9

$$\begin{aligned}
 \tau &= 1.000, & F/1.992, & & 2\omega &= 120^\circ \\
 IH &= 1.0912, & \text{物体距離} &= -20.0000 \\
 r_1 &= \infty \\
 d_1 &= 0.7331 & n_1 &= 1.88300 & \nu_1 &= 40.78 \\
 r_2 &= \infty \text{ (絞り)} \\
 d_2 &= 1.4544 & n_2 &= 1.88300 & \nu_2 &= 40.78 \\
 r_3 &= -1.1203 \text{ (非球面)} \\
 d_3 &= 0.6803
 \end{aligned}$$

2 4

$$\begin{aligned}
 r_4 &= 1.6037 \text{ (非球面)} \\
 d_4 &= 1.1334 & n_4 &= 1.88300 & \nu_4 &= 40.78 \\
 r_5 &= \infty
 \end{aligned}$$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1.0000, & E_2 &= -0.28590 \times 10^{-1} \\
 F_2 &= 0.16384 \times 10^{-1}, & G_2 &= 0.26783 \\
 \text{非球面係数} \\
 P_4 &= 1.0000, & E_4 &= -0.72082 \times 10^{-1} \\
 F_4 &= -0.28956 \times 10^{-2}, & G_4 &= -0.49936 \times 10^{-2} \\
 L/f &= -0.190, & f_2/f_1 &= 1.260 \\
 -(d_2/r_1) &= 1.241, & (d_2+d_3)/f_2 &= 1.210
 \end{aligned}$$

ただし r_1, r_2, \dots はレンズ各面の曲率率: d_2, \dots は各レンズの肉厚および空気間隔 n_2, \dots は各レンズの屈折率、 ν_1, ν_2, \dots は:

特開平 2-176612(8)

がなった内視鏡用対物レンズである。

本発明の実施例 5 は、第 5 図に示す通りのレンズ構成である。本発明の構成のレンズ系で、瞳の収差に最も影響するのは第 2 群の凸面である。そのためにこの面を非球面にすることによって瞳の球面収差を除去することが可能である。この実施例では、第 1 群を平凸の球面レンズにし、絞りをその球心に配置し又第 2 群を平凸レンズにしてその凸面を双曲面にした。このレンズ系の絞りの中心は、第 1 群の球面の不遊点であるため、この球面による瞳の球面収差は全く発生しない。第 2 群の双曲面は、非球面の式の 2 次の非球面係数 B および高次の非球面係数を 0 とし、 $P < 0$ としたもので次の式で表わされる。

$$x = y^2 / (1 + \sqrt{1 - PC^2 y^2})$$

第 2 群の平凸レンズの屈折率を n_2 とすると上記の式の P を $P = 1 - n_2^2$ とすれば、平凸レンズにおいて平面側の無限遠物点に対して光線高によらず球面収差を完全に除去できる。

この実施例 5 は、第 1 群において不遊点を、第

27

瞳を同一にした場合、球面系と比較してより像高を高めることが出来るためである。

以上のようにこの実施例は、瞳の収差を良好に補正し得ると同時に結像に関する収差も良好に補正されている。

球面収差に関しては、第 2 群の凸面を通過するマージナル光線の光線高が低く、非球面を用いたことによる影響をほとんど受けることがないので、前述の球面系の場合と同様に考えてよい。したがって第 1 群のパワーが第 2 群のパワーに比べて相対的に遠くなりすぎないようにすればよい。この実施例では、 $f_1/f_2 = 1.325$ であり、第 1 群のパワーが必要以上に遠くならないようにしている。

非点収差、コマ収差に関しては、第 2 群の凸面

2 群において球面収差のない非球面平凸レンズ用い、更に下記の式を満足するようにして絞りと前側焦点位置を一致させ、瞳の球面収差を完全に除去し、全像高にわたって射出瞳を無限して主光線の傾きを完全に除去している。

$$(d_1 + d_2) / f_1 = 1$$

ただし上記式で d_1 は第 1 群の平凸レンズの厚、 d_2 は第 1 群と第 2 群の空気間隔、 f_1 は第 1 群の焦点距離である。

又この実施例は、歪曲収差も可成り良好にされている。球面系のテレセントリックな光の最大像高における歪曲収差は、半面角を ω とすると $100(1 - \cos \omega)$ [%] と云う式でされ、 $\omega = 60^\circ$ とすると 50% になる。この例は、半面角が 60° であるが、最大像高における歪曲収差は 33.7% であって、球面収差と比べてかなり減少している。

これは第 2 群に非球面を用いたことにより第 2 群の凸面の曲率が光軸から離れる ~~ほど~~ によって弱まっているため、視野角および全系の熱

28

り、非点収差、コマ収差は補正過剰の傾向を有する。したがって非球面を含まない場合は、メオナル像面がサジタル像面より正の側にくるを利用して平均的な像面の曲がりをも抑えうな設計が多い。この場合非点収差が増大しコマ収差は補正過剰になり外コマの傾向になる。

この実施例では、瞳の収差を補正するため 2 群の凸面に非球面を用いたが、この非球面時に非点収差やコマ収差の補正に良好な作用を有する。この非球面は光軸から離れるにしたがって曲率が弱くなる傾向を有するために、像高の高さでの非点収差、コマ収差の補正過剰の傾向を弱めることが出来る。そのためにこの実施例は、像高が高くなっても非点収差はそれ程大ならず、サジタル、メリジオナルを平均した

特開平 2-176612

の実施例の $\theta = 60^\circ$ の時の歪曲収差は、 -24.7% であり、実施例 5 よりも一層歪曲収差が除去されている。これは屈折率を低くしたことにより主光線のレンズへの入射角をより大きくする必要があり、非球面を示す式における x の値のより大きな部分での屈折を使用することになり結果として像高が高くなるからである。このようにフィールドレンズとしての作用を有するレンズを非球面レンズにした場合、その歪曲率を下げることによって大きな歪曲収差の補正が可能になる。しかし非球面化の度合いの強い部分を使用することになるので、像高の低い部分と高い部分で非点収差の発生度合いに大きな差が生じメリジオナル像面が中間像高において正の側へふくらむ傾向が強くなる。

実施例 7 は、第 7 図に示すレンズ構成で、基本的には実施例 5 とほぼ同じである。つまり第 1 群の凸面の球心付近に絞りを配設し、第 2 群の凸面は双曲面ではなくて任意の多項式で表わされるものであるが、有効径内での形状は、ほぼ双曲面に

3 1

る。したがってこの面の形状は、光軸から離れた部分でかつ実際に光線が通る部分が光軸上よりも曲率が弱くなっている。この第 2 群の非球面化によってメリジオナル像面が正の側へふくらむ傾向を生ずる。この傾向が強まると像高の高いところでメリジオナル像面が急激に変化し好ましくない。そのため第 1 群の凸面を非球面とすることによりこの傾向を補正するようにした。

非点収差に関する第 2 群の非球面の作用は像高が低い部分では補正過剰の傾向にあり、像高が高い部分では補正過剰の度合いは弱まっている。そのため中間像高におけるメリジオナル像面のふくらみを抑えかつメリジオナル像面全体を近軸像面に近づけるためには第 1 群において像高の小さい部分では非点収差を補正不足気味にし、像高の大

近く、光軸から離れるにしたがって曲率が強くなるものである。それは実施例 5、6 のように近軸収差を全像面にわたって完全に除去しなくともよいからである。像高の低い部分に關しては程度強いの収差を発生させても主光線はそれ程大きくはならないので、第 2 群の非球面には光軸から離れるにしたがって常に弱まる傾向にあるものでなくともよく、像高の部分での主光線が非球面を通過する光線において曲率が確実に光軸上での曲率に対して強ければ十分である。

以上の実施例 5乃至実施例 7 は、球面を有する第 1 群と非球面を設けた第 2 群よりなり、非点収差、コマ収差の発生を抑えるために前条件 (4) を満足している。

実施例 8乃至実施例 10 は、夫々第 8 図乃至第 10 図に示す通りである。これら実施例は第 1 群の凸面に加えて更に第 1 群の凸面にも非球面化したものである。これらの実施例も瞳の収差として影響を与えるものは、第 2 群の凸面

3 2

の傾向を作り出す場合光軸から離れた部分で曲率が弱くなるようにする必要がある。そのために凸面の球心からずらす場合、凸面の曲率 R 、平凸レンズの厚さを d_2 とすると、 d_2/R となる側へ絞りを移動するのが好ましい。これにした上で凸面を光軸から離れた所で曲率の弱まる非球面にすれば対物レンズ全体でメリジオナル像面のふくらみを抑えかつメリジオナル像面を近軸像面に近づけることが可能になる。したがって第 1 群の非球面は、光軸から離れるにしたがって常に曲率が弱まる傾向である必要はなく、補正上の作用から考え中間像高の主光線が通過する部分では、逆に曲率が強まる非球面にし中間像高における非点収差に対して補正不足の傾向を、像高の低い部分では、補正過剰の傾向を、像高の最も低い部分では、補正不足気味にし、像高の大

特開平 2-176612(1)

純例もこれを満足している。

本発明対物レンズの第1群の平凸レンズの屈折率は、ベッツパール和および第1群での球面収差、瞳の周辺を通る軸外光線の収差等を考慮して1.55以上であることが望ましい。このことは、第1群が球面系であるか非球面を用いるかには関係ない。

又実施例5～10のように第2群に非球面を用いる場合、この非球面は、瞳の収差を最大像高まで十分に補正するためにその非球面化の度合いが十分大きいことが望ましい。十分大きな視野角を得るためには、第1群の主光線の屈折力を考慮して第2群における仮想的な瞳の開口数を少なくとも0.5程度は確保する必要がある。そのため第2群の非球面形状は、非球面を表わす式の y を面のパワーで規格化した値 $y_a(n_a-1)/r_a'$ が0.5のところまで十分に非球面化をれていればよい。尚 r_a' は第2群の非球面の光軸上の換算曲率で $r_a' = 1/(2B_a+C_a)$ である。

又非球面化の度合い δx_a は次の式で定義される

$$3.5$$

よく補正し得るものである。

4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第10図は夫々本発明の実施例1乃至実施例10の断面図、第11図ないし第20図は本発明の実施例1乃至実施例10の収差曲線図、第21図、第22図は従来の内視鏡対物レンズの断面図、第23図は出射主光線傾角の曲線図、第24図は本発明対物レンズで第1群から絞りを通した例を示す図である。

出願人 オリンパス光学工業株式会社

代理人 向 寛 二

ものである。

$$\delta x_a = x_a - (y^2/r_a'^2)/(1 + \sqrt{1 - p y^2/r_a'^2})$$

この δx_a を面のパワーで規格化した $\delta x_a(n_a-1)/r_a'$ が、 $y_a(n_a-1)/r_a' = 0.5$ の時に式を満足すればよい。

$$\delta x(n-1)/r_a' < -0.01$$

上記の式で、符号が負になっているのは、値が像の方向を正にとっているためである。がって上記式の不等号は、非球面の度合いがなる方向であることを示している。

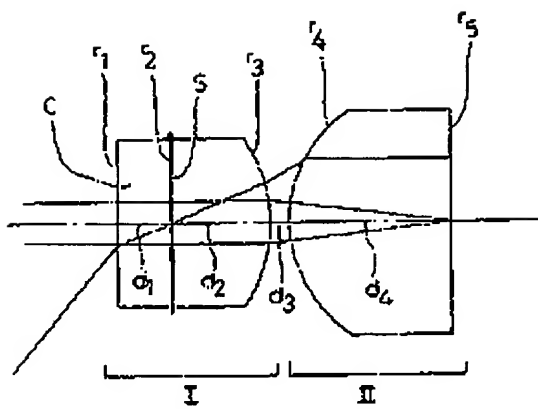
以上のレンズ系中に非球面も用いた本発明レンズの場合も、第24図のように絞りと第1群の絞り側の面とは隣れてもよい。この場合の値は、第1群の中肉厚ではなく、絞りから第1群の像側を向いた凸面まで距離をこの凸面を有するレンズの屈折率で換算した値にすればよい
[発明の効果]

本発明の内視鏡対物レンズは、以上説明し成にして、視野角を広角化にしても主光線のを小さく出来、又瞳の収差と結像の収差をバ

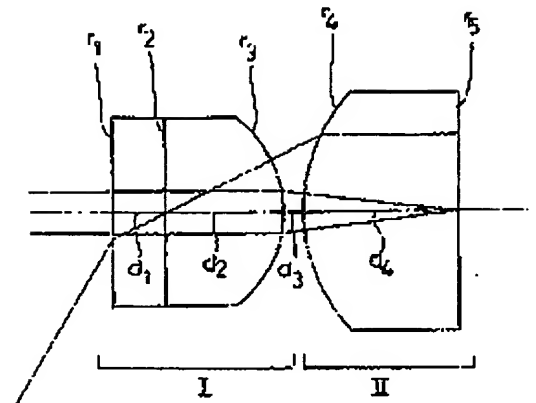
3 6

特開平 2-176612(1)

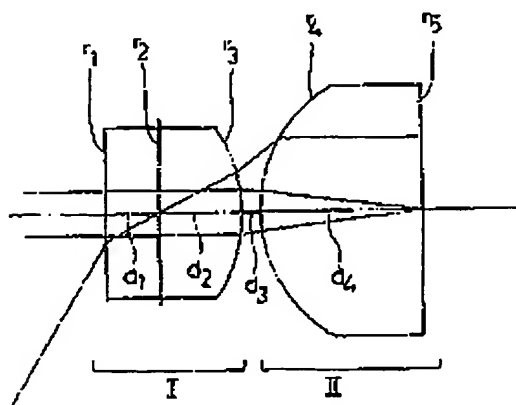
第 1 図



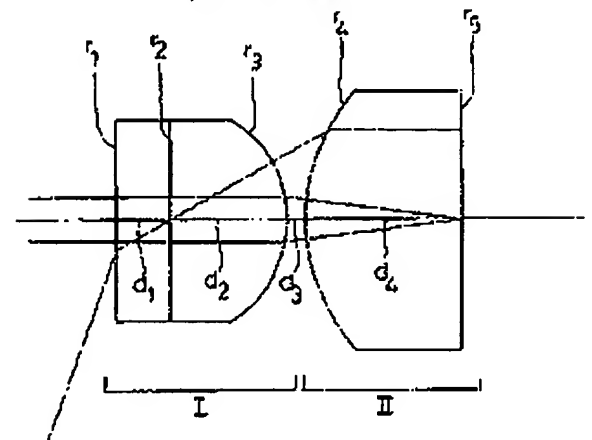
第 3 図



第 2 図

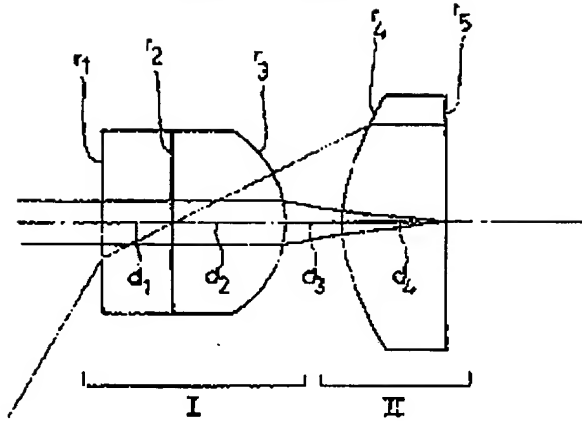


第 4 図

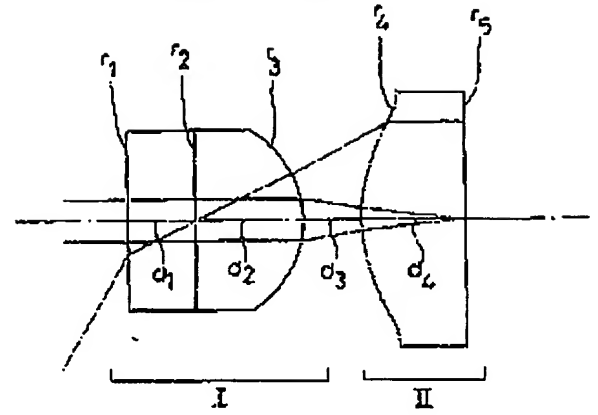


特開平 2-176612(1)

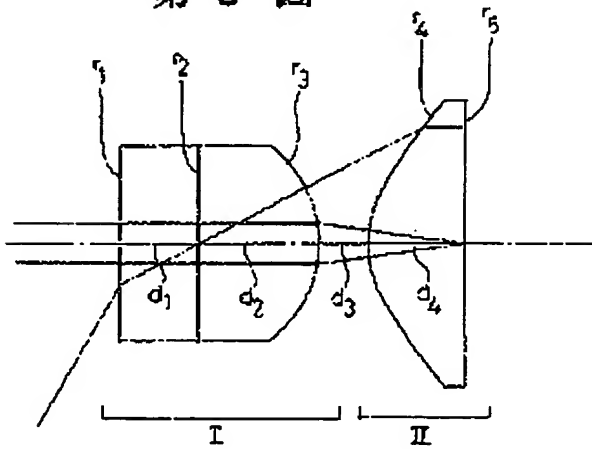
第 5 図



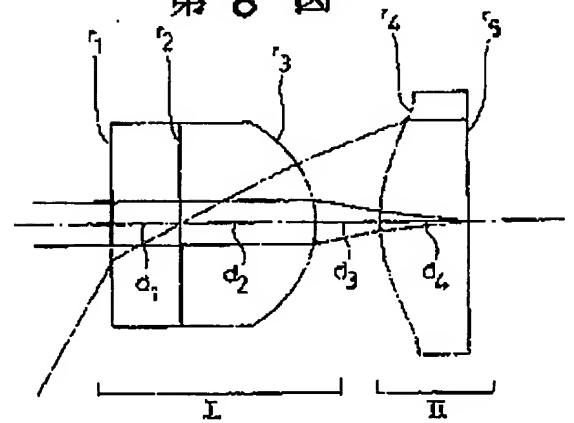
第 7 図



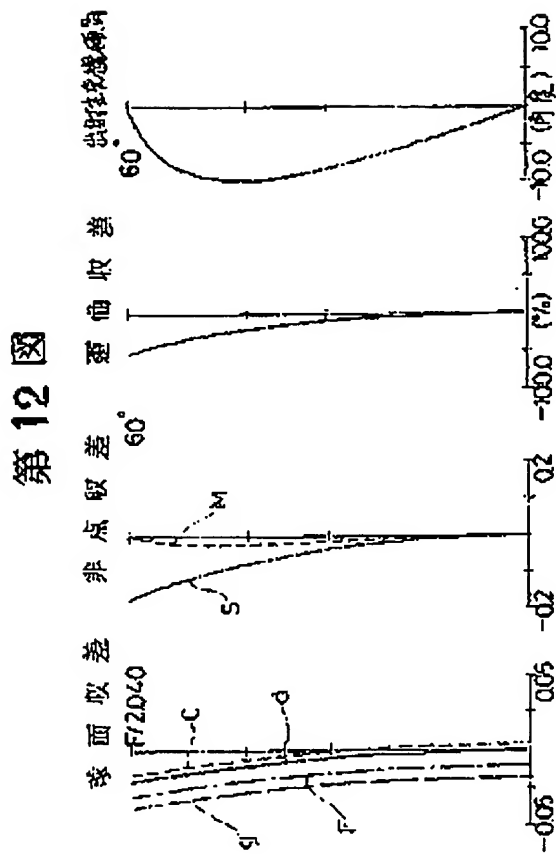
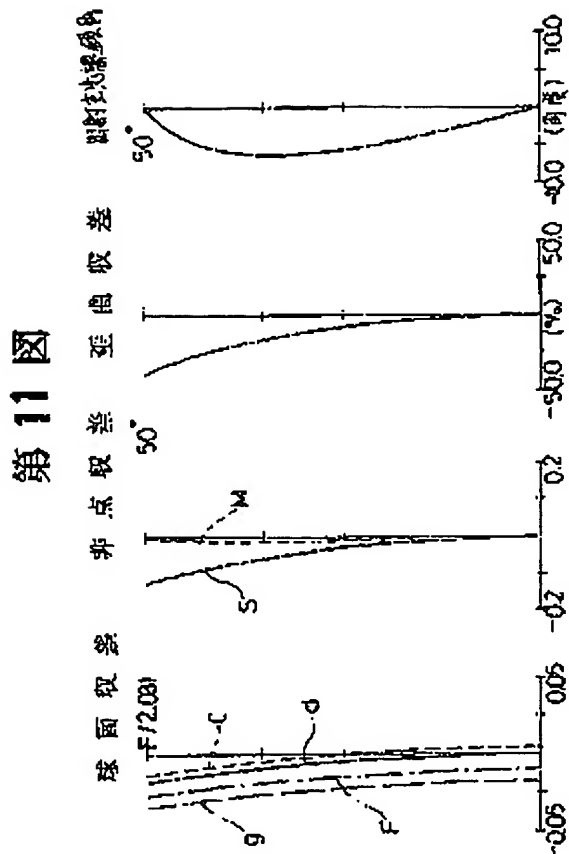
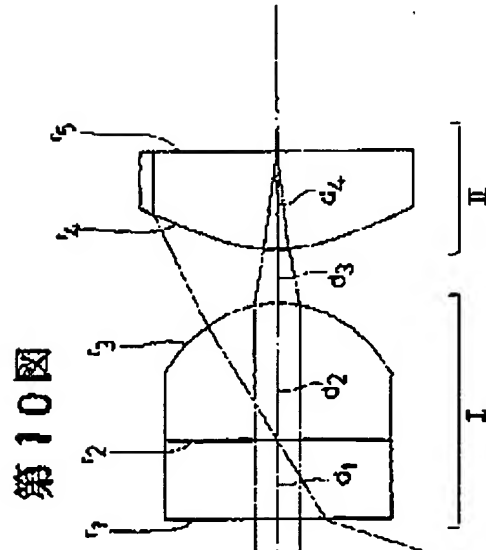
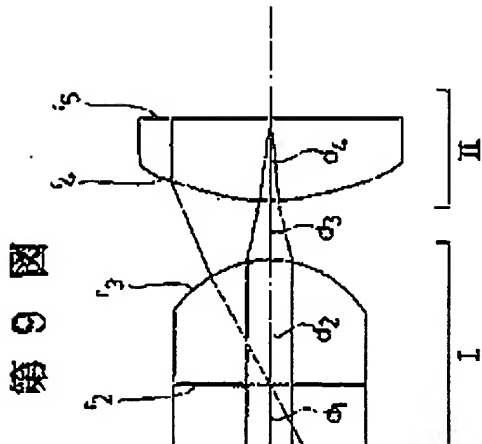
第 6 図



第 8 図

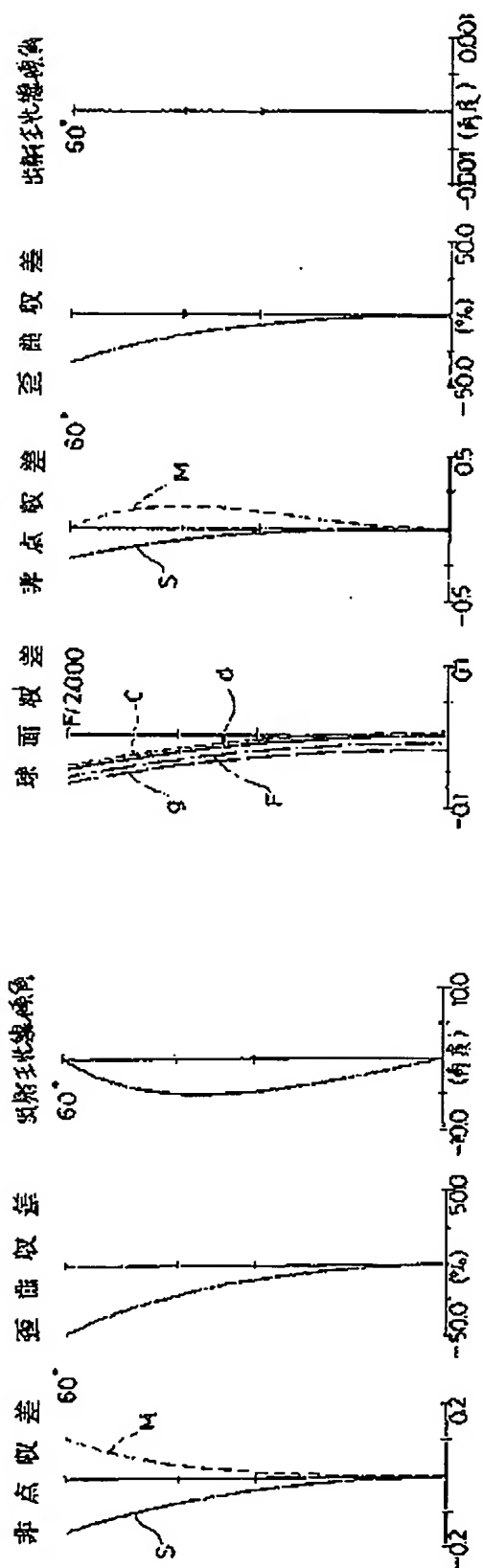


特圖平 2-176612(1)

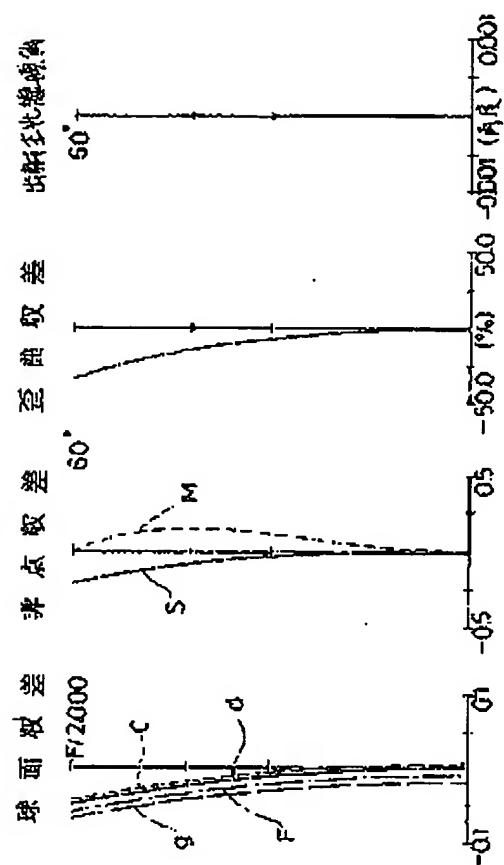


特開平 2-176612(1)

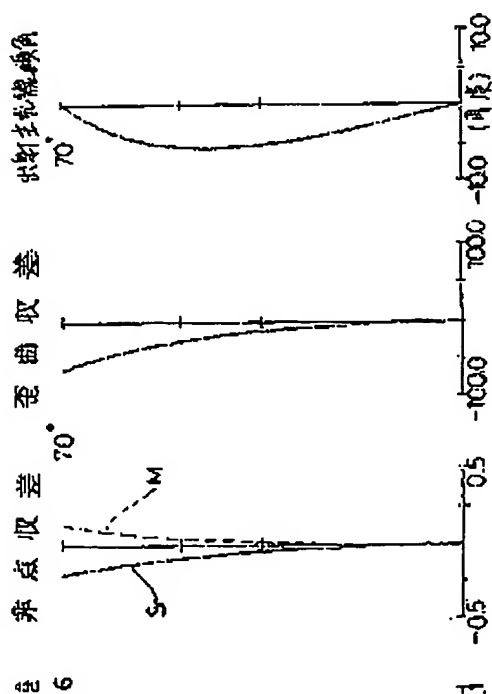
第 13 图



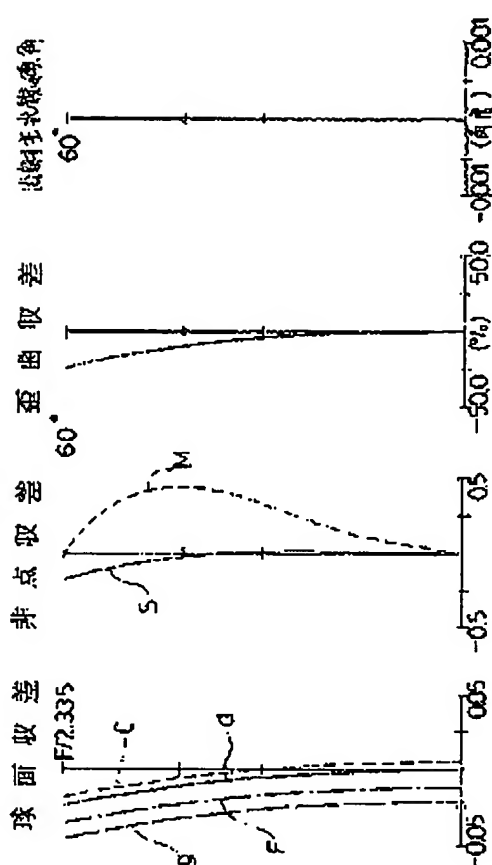
第 15 图



第 14 图

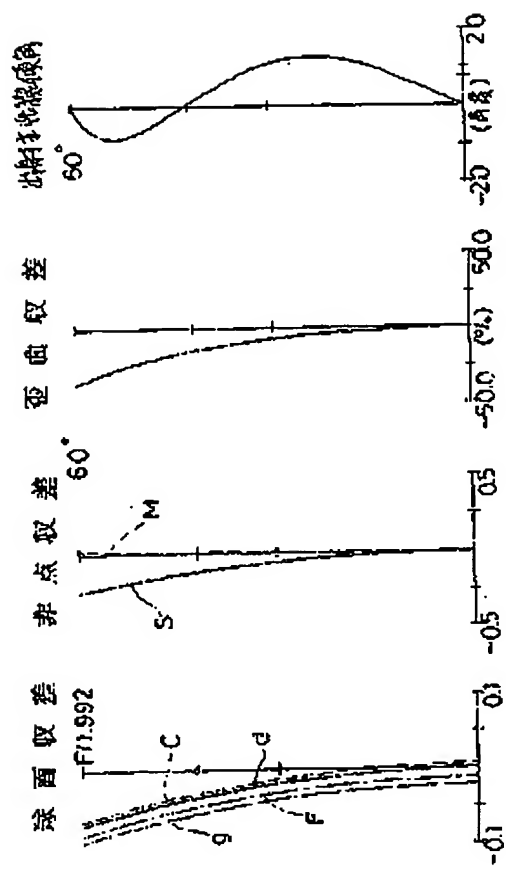


第 16 图

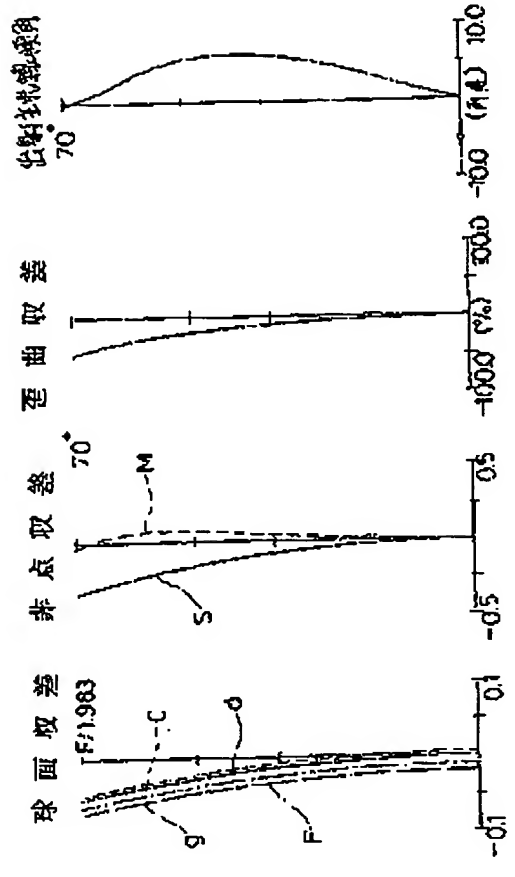


特開平 2-176612(1)

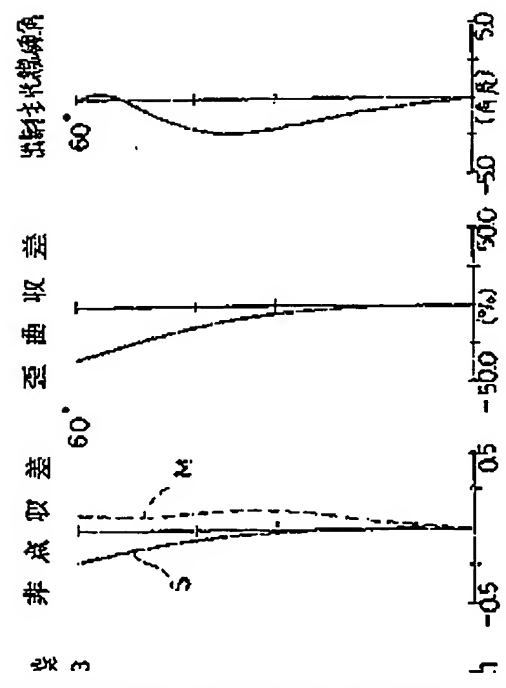
第19図



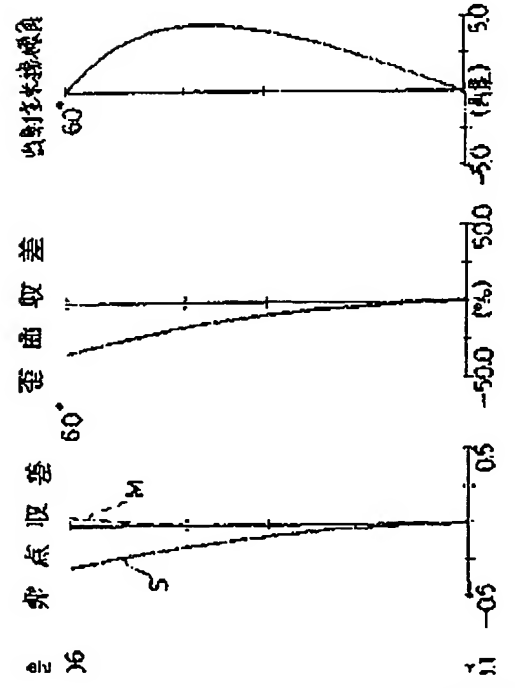
第20図



第17図

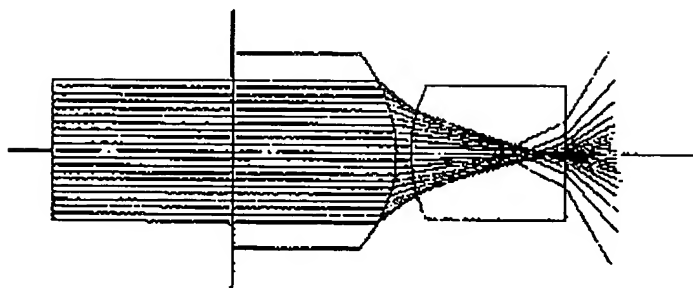


第18図

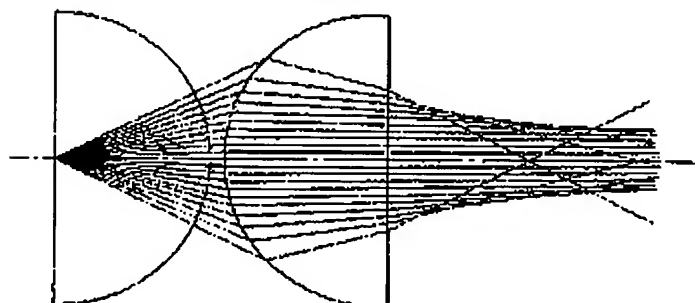


特開平 2-176612(1)

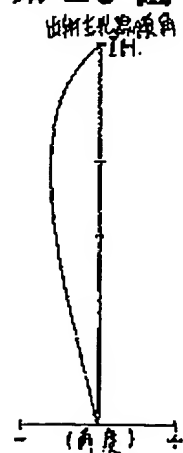
第 21 図



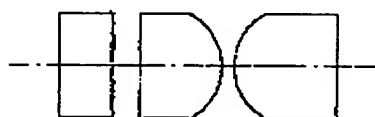
第 22 図



第 23 図



第 24 図



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-176612

(43)Date of publication of application : 09.07.1990

(51)Int.Cl.

G02B 13/18

(21)Application number : 63-329191

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 28.12.1988

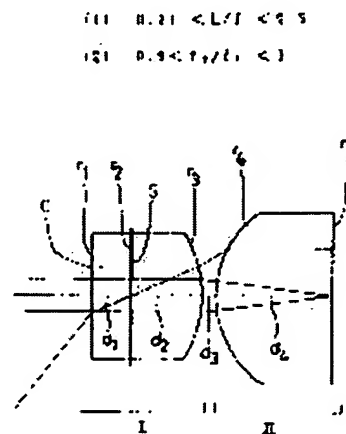
(72)Inventor : IGARASHI TSUTOMU

(54) OBJECTIVE LENS FOR ENDOSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce the inclination of a main light beam even when a visual field angle is made large by composing the objective lens for the endoscope of a 1st group and a 2nd group, providing spherical surfaces which have positive power as the surface of the 1st group which is closes to the image side and the surface of the 2nd group which is closest to the object side, and satisfying specific conditions.

CONSTITUTION: The objective lens consists of a 1st group I and a 2nd group II in order from the object side and both the image-side surface of the 1st group and the object-side surface of the 2nd group having positive power and meet requirements shown by inequalities 1 and 2. In the inequalities, L is the air converted length from the front focus position of the whole system to a stop, (f) the focal length of the whole system f1 the focal length of the 1st group, and f2 the focal length of the 2nd group. In this case, the inequality I is the requirement for reducing the tilt angle of a main projection light beam at the maximum image height in consideration of the spherical aberration of a pupil and the inequality II is the condition for the reduction of the inclination of a main light beam at intermediate image height when the inclination of the main light beam at the maximum image height is nearly eliminated and the optimization of the balance between the aberration of the pupil and the aberration of an image. Consequently, the inclination of the main light beam is reduced sufficiently over the entire plane of the image even when the visual field angle is made large.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

.[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office